

видами транспорту;

- економічне стимулювання енергозбереження на транспорті, в тому числі з використанням досягнень науково-технічного прогресу при налагодженні виробництва енергоємних видів рухомого складу.

1. Далека В.Ф. Ресурсосберегающая технология эксплуатации городского электро-транспорта // Материалы научно-технического совещания «Пути развития и укрепления материально-технической базы предприятий городского электрического транспорта и взаимодействие с производственными предприятиями». – Харьков: ХОП НТО КХ и БО, 2001. – С.44-49.

2. ДСТУ 3051-95 (ГОСТ 30166-95). Ресурсозбереження. Основні положення. Чинний від 01.01.1997 р. – К.: Держстандарт України, 1996. – 8 с.

3. Левковець П.Р., Гедз Ю.М., Канарчук О.В., Кришан Г.Л., Сендак М.Д. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / За ред. П.Р.Левковця. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.

Отримано 10.01.2011

УДК 621.33 : 621.333

В.М.ШАВКУН, В.М.БУШМА

Харківська національна академія міського господарства

МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Розглядаються питання створення методології моніторингу параметрів тягових електричних машин в процесі експлуатації або ремонту.

Рассматриваются вопросы создания методологии мониторинга параметров тяговых электрических машин в процессе эксплуатации или ремонта.

The questions of creation of methodology of monitoring of parameters of hauling electric machines are examined in the process of exploitation or repair.

Ключові слова: електричний двигун, моніторинг, вимірювально-діагностичний комплекс, блок датчиків.

Параметри електродвигуна, в тому числі й номінальні, з часом експлуатації і кількістю ремонтів погіршуються.

Надійність роботи електричних двигунів електроприводів за останні 15 років знизилась в окремих випадках у десятки разів. Щорічно виходять з ладу і ремонтуються до 30% парку електричних двигунів, що використовуються у промисловості, і до 70%, що використовуються на транспорті. У переважній більшості після ремонту електричні двигуни електроприводів повертаються на підприємства, де продовжують експлуатуватися до наступного виходу з ладу. Кількість ремонтів може складати 3-4 при значному зменшенні часу напрацю-

вання на відмову від 0,5 до 1,5 року. Вищевикладена ситуація пояснюється тим, що сталь в процесі ремонту зазнає механічних ушкоджень і електричні двигуни, що знову надійшли на виробництво, мають реальні експлуатаційні показники значно нижчі, ніж задекларовані заводом-виробником. Крім того, без прийняття допоміжних заходів, імпульсні напруги живлення, що притаманні сучасним перетворювачам, також прискорюють процес виходу з ладу електричного двигуна [1].

Незважаючи на активне впровадження в практику роботи вітчизняних підприємств металургійної та машинобудівної промисловості, транспорту нових сучасних типів електроприводів (ЕП) для двигунів, що тривалий час знаходяться в експлуатації або ремонтувалися, очікуване підвищення ресурсу їх роботи продовжує залишатись проблемою, що потребує свого вирішення.

Даною проблемою займалися такі вчені, як Чорний О.П., Родькін Д.Й., Калінов А.П., Мастеровий В.Я., Величко Т.В., Богодист Ф.Є. [1-3].

Мета даної статті – обґрунтування методів моніторингу параметрів електричних машин, які включають постійний контроль параметрів, їх коливань, зміни, взаємовпливу складових системи "мережа – перетворювач – електричний двигун" в процесі експлуатації.

Для цього доцільно використовувати станції діагностики електричних машин (СДЕМ) – це нове електротехнічне обладнання для діагностики електричних машин, що базуються на використанні комп'ютеризованого обладнання для визначення параметрів електричних машин без агрегування їх в процесі випробування з будь-якими навантажувальними пристроями і системами. Ця методика випробувань дозволяє використовувати її в повному обсязі на електроремонтних підприємствах з причини того, що самі різноманітні двигуни можуть випробовуватися на одному і тому ж обладнанні. Сказане відноситься до машин постійного і змінного струму. Розроблена система характерна тим, що для машин змінного струму в режимі діагностики використовується тиристорний регулятор напруги (ТРН), а сам процес визначення параметрів машин здійснюється при нерухомому роторі. Це відноситься до низьковольтних (0,4 кВ) і високовольтних машин [2]. Машини постійного струму діагностуються шляхом живлення від регуляторів постійної напруги (перекомутований трифазний регулятор за схемою випрямляч) або система генератор-двигун. Система датчиків для вимірювання параметрів, як правило, однотипна для машин постійного і змінного струму. Незалежно від типу випробовуваних машин використовується одне й те ж електронне обладнання – інтерфейсний контролерний блок (контролер або керуюча, вимірювальна

складова частина комплексу) і персональний ЕОМ. Таким чином, вимірювально-діагностичний комплекс має одну й ту ж конструкцію для машин постійного і змінного струму. Програмний блок, відповідно до якого здійснюється процедура робіт з діагностики для машин постійного струму, не співпадає з відповідним блоком для машин змінного струму. Програмні блоки розроблені відповідно з математичним апаратом і логікою для діагностики тих чи інших видів електричних машин [2].

Виконані дослідження і розробки дозволили створити принципово нове обладнання – систему діагностики та паспортизації електричних машин (СДЕМ). Пропонована система вигідно відрізняється від існуючих підходом до вирішення поставленого завдання – виключає випробування електродвигунів шляхом механічного з'єднання валів досліджуваних та допоміжних машин. Введення пропонованого методу діагностики електричних машин до складу післяремонтного випробування дозволить значно продовжити термін служби відремонтованих двигунів, знизити витрати за рахунок скорочення числа повторних ремонтів, зменшити втрати від вимушеного простою обладнання під час ремонтів. Низька надійність електричних машин (ЕМ) обумовлена не тільки неякісним ремонтом, але і старінням конструкційних матеріалів. Це виражається в збільшенні втрат у сталі, в зниженні ефективного потоку, що веде до зниження навантажувальної здатності, зниження ресурсу працездатності. Діагностика параметрів, визначення реальної працездатності електричних машин – завдання безпосереднього забезпечення збереження електричного устаткування. СДЕМ являє собою програмно-апаратний комплекс, призначений для використання у вирішенні задач моніторингу та післяремонтного випробування електричних машин постійного і змінного струму, дослідження і аналізу реального стану електромеханічних систем, експериментальної оцінки та видачі рекомендацій щодо експлуатації електричної машини, що діагностується. Комплекс розрахований для експлуатації на електроремонтних підприємствах і підприємствах, що мають у своїй структурі електроремонтні цехи, що займаються ремонтом електричних машин постійного і змінного струму (трифазні асинхронні двигуни з фазним і короткозамкненим ротором, синхронні двигуни). Розроблене програмне забезпечення дозволяє повністю автоматизувати процес збору й обробки інформації і максимально скоротити участь людини в процесі випробувань. Тому СДЕМ гранично є простою в експлуатації і не вимагає спеціальної підготовки і навчання обслуговуючого персоналу. Дії оператора зводяться до простого вибору необхідних режимів роботи комплексу [2].

На рис.1 наведено структурну схему вимірювально-діагностичного комплексу (ВДК). Універсальний тиристорний перетворювач забезпечує режим регулятора постійної напруги живлення двигуна постійного струму або регулятора змінної напруги для живлення асинхронних і синхронних двигунів. Універсальні датчики струму і напруги – стандартні модулі з гальванічною розв'язкою і класом точності – не нижче 0,5. Датчики вібрації – стандартні вібродатчики, що вимірюють вібрації електричних машин у трьох площинах. Модуль АЦП-ЦАП забезпечує зв'язок комп'ютера з силовим модулем.

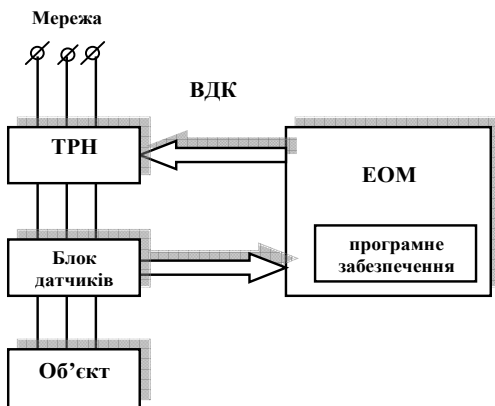


Рис.1 – Структурна схема вимірювально-діагностичного комплексу (ВДК)

При необхідності збору та попередньої обробки сигналів у безпосередній близькості від об'єкта дослідження в умовах, де застосування звичайних стаціонарних діагностичних комплексів є незручним або неможливим, наприклад, неможливий демонтаж двигуна, виправдане використання переносного. В цьому випадку збір первинної інформації експрес-аналізу стану електромеханічної системи можна здійснювати без порушення технологічного процесу.

Для оформлення вимог до потрібного виробу із зазначенням функціональних можливостей системи необхідно скористатися схемою, наведеною на рис.2. Відповідно зі схемою можна одержати назви модифікацій станцій (з реалізацією режиму навантаження або без такого).

СДЕМПН – система діагностики електричних машин постійного струму з навантаженням. Вся апаратура, що входить до складу системи, є типовою.

ЕОМ – типовий персональний комп'ютер класу Pentium. ЕОМ по-

де $U(t)$ – залежність напруги на якорі двигуна від часу; $I_{\text{я}}(t)$ – залежність струму якоря двигуна від часу; R_{Σ} – сумарний опір електричного кола якоря; L_{Σ} – сумарна індуктивність якорного кола; $k\varphi$ – магнітний потік двигуна; ω_m – амплітуда змінної складової швидкості; Ω – частота коливання швидкості; ω_0 – постійна складова швидкості.

Струм електричного кола якоря розраховуємо за формулою

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{M_0 + J \cdot \omega_m \cdot \Omega \cdot \cos \Omega \cdot t}{k\varphi}, \quad (2)$$

де $I_{\text{я}}(t)$ – залежність струму якоря двигуна від часу; M_0 – момент неробочого ходу; J – момент інерції ротору двигуна.

Ефективне значення струму електричного кола якоря розраховуємо за формулою

$$I_{\text{яЕ}} = \frac{\sqrt{M_0^2 + J \cdot \Omega \cdot \omega_m^2}}{k\varphi}. \quad (3)$$

Якщо ефективне значення струму якоря є заданим, то при відомому значенні змінної складової частота гармонійного впливу

$$\Omega = \frac{I_{\text{яЗ}}^2 \cdot k\varphi^2 - M_0^2}{J \cdot \omega_m^2}, \quad (4)$$

де $I_{\text{яЗ}}$ – задане значення струму якоря, А.

Нами розроблено алгоритми і програми обробки експериментальних даних та отримання післяремонтного паспорта на електричний двигун.

Таким чином, питання моніторингу параметрів електричних машин в процесі експлуатації або ремонту і забезпечення ресурсозберігаючих режимів та підвищення надійності роботи тягових електричних двигунів рухомого складу міського електричного транспорту є актуальним для підприємств та установ, що проектують, виготовляють та експлуатують технічні засоби електротранспорту.

1.Черный А.П. Методология мониторинга электрических двигателей в промышленных сетях // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Труды конференции. – Харьков: Основа, 1997. – С.303-305.

2.Родькин Д.И., Черный А.П., Кицель Н.В. Система диагностики и послеремонтной паспортизации электрических машин. – Кременчуг: КГПУ, 2002. – 44 с.

3. Патент України №71356А, G01 R31/R34, Установка для моделирования навантаження электродвигунів при їх післяремонтних випробуваннях / Родькін Д.Й., Калінов А.П., Мастеровий В.Я., Величко Т.В., Богодист Ф.Є. – №20031212267; Заявлено 24.12.2003. Опубл. Бюл. № 11, 2004.

Отримано 10.01.2011

УДК 629.4.083:629.45

В.В.БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, Д.И.СКУРИХИН

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков

А.Н.КУЗНЕЦОВ, А.И.РУБАНЕНКО, кандидаты техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ВАГОНА ПРИ ЕЕ ДВИЖЕНИИ С КОРОТКОЙ НЕРОВНОСТЬЮ НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ

Рассматривается задача динамического анализа колесной пары вагона при ее движении с короткой неровностью на поверхности катания колеса. Определены собственные частоты и формы колебаний колесной пары в плоскости действия вертикальной нагрузки. Проведен динамический анализ вынужденных колебаний неподрессоренных масс при регламентированных значениях глубины ползуна. Проанализированы амплитудно-временные зависимости перемещений колесной пары.

Розглядається задача динамічного аналізу колісної пари вагона при її русі з короткою нерівністю на поверхні кочення колеса. Визначено власні частоти і форми коливань колісної пари у площині дії вертикального навантаження. Проведено динамічний аналіз вимушених коливань мас, що непідресорені при регламентованих значеннях глибини повзуна. Проаналізовано амплітудно-часові залежності переміщень колісної пари.

The problem of the dynamic analysis of wheel pair the car is considered at its movement with short roughness on a surface of driving of a wheel. Own frequencies and forms of fluctuations of wheel pair in a plane of action of vertical loading are defined. The dynamic analysis of the compelled fluctuations unsprung weights is carried out at the regulated values of depth flat. Peak-time dependences of movings of wheel pair are analysed.

Ключевые слова: колесная пара, собственные частоты и формы колебаний, вынужденные колебания, короткие неровности, дифференциальное уравнение, конечно-элементная модель, последовательность импульсов, условная функция, демпфирование.

На современном этапе развития железнодорожного транспорта в условиях возрастания скоростей движения поездов и высоких требований к качеству и безопасности перевозок крайне актуальной является задача оперативного контроля технического состояния колесных пар вагонов в пути следования. Техническое состояние колесных пар наиболее достоверно определяется при движении в процессе взаимодействия их с рельсами. Короткие неровности поверхности катания колес вызывают ударные нагрузки, которые инициируют колебания неподрессоренных частей вагона и могут быть обнаружены как контактными (вибрационными), так и бесконтактными (акустическими)